

大ゼミ質問回答書

60190025 岡田泰修

2018/11/8

従来手法と提案手法について

- Q. この研究のモチベーションとは何なのか.
- A. テンセグリティダイナミクスに関する研究の大きな目的は、テンセグリティシステムに対するより効率的、高精度な解析手法の確立であり、その中でも本研究は、棒材を剛体部材、ケーブル材をケーブルスラックを考慮した質量をもつ張力材とした場合のテンセグリティダイナミクスの導出及び解析を行っています。テンセグリティ構造は、部材に加わる力が軸力だけの構造物であり、そこで、本研究は、そのような軸力構造物に対して一般的に用いられている仮定に基づいて理論構築をしています。実機実験も将来的には必要ですが、現在は理論構築をしている段階にあります。なお、実機実験を行うときには、摩擦等が発生することも予想されますが、このような要素は、現在の式にあとから追加することができるので現段階では無視しており、将来、実機実験を行うとなったときに、より厳密な解析を行うために追加することを考えています。
- Q. 従来手法と提案手法の明確な違いが現れる状況とはどんな状況か。
従来手法では不可能だが、提案手法では可能なことはあるのか.
- A. テンセグリティ構造は、棒材とケーブルによって構成される構造体なので、ケーブル材を弾性体とした手法と比較すると、ケーブル材を張力材とした解析を行っている提案手法は、より現実的な解析結果が得られるようになっていきます。また、張力材の引張、弛緩の切り替えを剛性の切り替えによって表現している手法は、ケーブルスラックが同時に多数発生するテンセグリティ構造物に対して適用できない場合がありますが、線形相補性問題を用いてケーブルの引張、弛緩を表現している提案手法は、そのような構造物に対しても適用可能となっています。
- Q. 従来手法との差から何が分かって、その結果からこの先何をしていくべきかを知りたい.
- A. 従来研究や今回の研究の大きな目的は、テンセグリティシステムの効率的かつ高精度な解析手法を発見することにあります。したがって従来研究との差というのは、解析する際の仮定や解析アプローチの違いにあります。具体的に挙げると、従来手法では、棒材を高剛性な部材、ケーブル材を弾性体とみなした解析を行っているのに対し、本研究は、棒を変形しない剛体、ケーブルを張力材とみなした解析を行うことで、より効率的でありながらも現実に近い解析結果を得ようとしています。しかし、現段階では、剛体部材とケーブルスラックを考慮したケーブル材を組み込んだシステムを作るまでには至っていないので、何が分かってその結果この先何をすべきなのかということについてはまだ分かっていません。

テンセグリティシステムについて

- Q. 提案手法はケーブル材の質量は考えているのか.
- A. はい、その通りです。本手法のケーブル材の表現は、従来研究で述べた「質量を考慮した張力材」と同じ表現を用いているので、張力材の質量は考慮されています。

- Q. 高剛性な部材とはしなりやねじれが一切ない部材という解釈で正しいか。
- A. いいえ、違います。高剛性な部材とは、高い弾性率を持つ部材という意味です。棒材を高剛性な部材としてシミュレーションを行うと、より現実的な解析結果が得られますが、弾性率が大きく違う部材を同時に含んだシミュレーションを行うと計算負荷が増大し、シミュレーションに時間がかかることが知られています。また、高剛性な部材を全く変形しない剛体と近似してシミュレーションを行うと、計算負荷を減らすことができ、かつ良好な解析結果が得られる場合が多いので、本研究では、棒材を剛体近似した解析を行います。
- Q. ケーブルスラックを設けることで、ケーブルからの力がなくなる時間ができるという理解で正しいか。スラックを考慮する理由は何か。また、ケーブルスラックのほかに考慮すべき要素はあるか。
- A. はい、その理解で正しいです。ケーブルスラックを考慮することで、ケーブルがたるんでいる間は、ケーブルからの力が発生しなくなり、押し返す力が発生しなくなります。また、ケーブルスラックを考慮するのは、テンセグリティ構造を実際に作る際にはケーブルを用いることから、たるみを発生する場合がありますので、ケーブルスラックを考慮した方がより現実に近い解析結果が得られるからです。なお、その他に考慮すべき要素は、摩擦や重力等があります。しかし、これらの要素は現在の式にあとから追加することができ、さらには、宇宙構造物を考えた場合には重力等は無視できるので、これらの追加要素はあまり重要ではないと考えています。

シミュレーションと実機について

- Q. シミュレーションでは、テンセグリティが振動しながら落下していたが、その場所は宇宙空間のような無重力環境なのか。
- A. はい、そうです。今回、シミュレーションをしている環境は、空気抵抗や重力等の外乱は存在しないものとした環境になっており、宇宙空間と言い表せると思われます。テンセグリティ構造は、将来的に宇宙構造物などに適用できるのではないかと考えられているので、このような環境下でのシミュレーションは意味がないわけではないと考えています。
- Q. シミュレーション結果において、振動は大きい方が良いのか、小さい方が良いのかを知りたい。
- A. 従来研究や今回提案した研究は、テンセグリティ構造の挙動を知るためにテンセグリティシステムの運動方程式を導出し、そのシミュレーションを行う、というものであり、振動の大きさに重きを置いていません。しかし、揺れが発生することが望ましくない場合も確かに存在し、そういった場合に対処するためにテンセグリティシステムの設計や振動制御に関する研究もされています。
- Q. 実際の構造物に当てはめてシミュレーションを行うといったことを考えているのか。今後、シミュレーションと実機実験の比較を行っていく予定はあるのか。
- A. 今回のシミュレーションモデルは実際の構造物を想定したものではありません。今回は、テンセグリティ構造の単純な例として、平面テンセグリティ構造を考え、そのシミュレーションを行いました。しかし、今後の展開として、スペースコロニーのデザイン案等に挙げられているトーラス構造等の構造物に対してシミュレーションを行うことも考えています。また、実機実験についてですが、現段階では実機の作製、実験を行う予定はありません。将来的には実機実験も必要になってくるとは思いますが、現在は理論を構築している段階にあります。
- Q. 実際のテンセグリティ構造では、力を与えたとき張力材のたるみは発生するのか。
- A. はい、発生します。その場合、ケーブル材を弾性体とした場合の解析ではあまり正確な結果が得られないので、今回、ケーブルスラックを考慮してケーブル材を張力材とした場合の解析を行いました。

- Q. 従来研究ではシミュレーションの評価をどのようにしていたのか。
 手法の妥当性の確認は、ケーブルスライダーシステムの解析で大丈夫なのか。

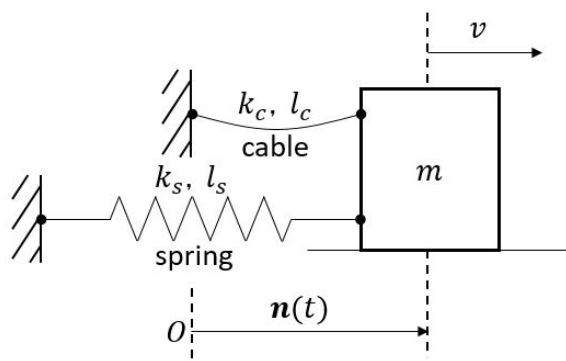


Fig.1 ケーブルスライダーシステム

- A. テンセグリティシステムは、部材に働く力が軸力だけの構造物であり、テンセグリティダイナミクスに関する研究は、そのような構造物に対して一般的に用いられている仮定に基づいて理論構築を行っています。そこで、解析解が容易に得られるような構造物を考え、その構造物に対して数値解を求め、解析解と数値解が一致することを確認することで、提案されている手法の妥当性を確認、評価しています。また、提案手法の妥当性の確認ですが、Fig.1 に示すケーブルスライダーシステムとテンセグリティ構造と比較した際、cable がテンセグリティ構造のケーブル材であり、spring のばね定数をさらに大きくしたものが高剛性な棒材となるので、ケーブルスライダーシステムは、簡略化したテンセグリティシステムと言い換えることができ、その数値解が解析解と一致したので、手法の妥当性は十分に確認されたと考えています。
- Q. スラックが同時に多数発生するような構造物の例として、どんなものがあるのか。

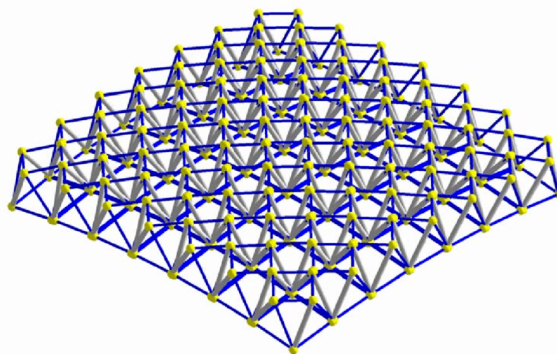


Fig.2 テンセグリティグリッド [1]

- A. Fig.2 に示すテンセグリティグリッドは、単純なテンセグリティ構造を一つのユニットとし、それを縦横に並べ、格子状にした構造物ですが、このような構造物ではスラックが同時に多数発生すると考えられます。

引用

- [1] https://www.researchgate.net/figure/Spherical-four-strut-tensegrity-grid_fig2_307807635